

استخراج پکتین از تفاله چغندر قند

داریوش باستانی، بابک بابایی، فریدا حاجی اسماعیلی

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی

E-mail : bastabi@sharif.edu

چکیده

در صنعت قند و شکر غالباً تفاله چغندر قند بسیار زیادی تولید می شود که در این تفاله مقادیر قابل توجهی پکتین وجود دارد. در این تحقیق استخراج پکتین از تفاله چغندر قند توسط سه محلول سدیم هگزا متا فسفات، اسید کلریدریک و EDTA مورد بررسی قرار گرفت. اثر پارامترهای مختلف (pH، دما، زمان استخراج و غلظت مواد استخراج کننده) بر روی راندمان استخراج بررسی شد. آزمایشات کنترل کیفی مطابق استاندارد شماره ۳۶۲۴ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بر روی نمونه های تهیه شده و دو نمونه دیگر پکتین (تجارتی و آزمایشگاهی) انجام گرفت که نتایج بدست آمده با مشخصات پکتین استاندارد کاملاً مطابقت دارند. از نظر کیفیت، پکتین بدست آمده از محلول اسید کلریدریک مرغوب تر از دو نمونه دیگر می باشد. از نظر راندمان استخراج، بالاترین درصد استخراج پکتین با استفاده از محلول سدیم هگزا متا فسفات بدست می آید و از نقطه نظر اقتصادی استفاده از محلول اسید کلریدریک نسبت به دو روش دیگر مقرون به صرفه تر است. نتایج آزمون های کنترل کیفیت نشان می دهند که پکتین چغندر قند از نوع پکتین LM می باشد که برای استفاده در صنایع قنادی، نانوبی، لبنیات، شکلات، دسر، بستنی، کنسرو و ... توصیه می شود. با توجه به اینکه تفاله چغندر قند می تواند تا حدود ۲۹٪ مواد پکتیکی داشته باشد و با در نظر گرفتن درصد استخراج پکتین (۱۸٪) با استفاده از محلول اسید کلریدریک به عنوان روش مناسب تر، راندمان عملیات استخراج حدود ۶۲/۰۷٪ است.

واژه های کلیدی : پکتین؛ چغندر قند؛ استخراج؛ درجه ژلی شدن؛ درجه متیلاسیون

با این عمل، گامی به سوی استفاده بهینه از ضایعات محصولات کشاورزی برداشته می شود.

پکتین نیز محصول فرعی صنایع تبدیلی است که امروزه کاربرد وسیعی در صنایع غذایی پیدا کرده است و تولید آن در حال حاضر یکی از مشکلات موجود در کشور ما می باشد. آمار واردات گمرک ایران حکایت از آن دارد که سالانه متجاوز از یکصد ت انواع پکتین با درجات خلوص مختلف به کشور وارد می شود (۶).

با توجه به توسعه روز افزون صنایع غذایی و صنایع دارویی و همچنین مصرف زیاد این محصول، بخصوص در صنایع تولید انواع مرباها، مارمالادها، ژله ها (ژله های قنادی، رژیم و شیرینی)، صنایع نانوبی، انواع سس ها و چاشنی ها،

۱- مقدمه :

هم اکنون در ایران محصولات کشاورزی در حد بالایی تولید می شوند که بخشی از آنها به صورت تازه مصرف می شوند و بخش دیگری از آنها تحت عمل فرایندهای تبدیلی قرار می گیرد که بالطبع با مواد زائد و یا به عبارتی ضایعات همراه خواهند بود. این ضایعات معمولاً بلا استفاده مانده و یا جهت خوراک دام به کار می رود. در حالیکه همین ضایعات محصولات کشاورزی گاهی می تواند به عنوان ماده اولیه جهت تولید محصولات با ارزشی قرار بگیرند. و بدین ترتیب می توان از مواد زائد با صرف هزینه کم، محصولی با ارزش تولید کرد که در واقع

انجام خواهد گرفت و نقاط بهینه برای استخراج توسط هر سه ماده و کیفیت هر سه پکتین بدست آمده مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین نمونه های بدست آمده با نمونه های تجارتي و آزمایشگاهی پکتین مقایسه خواهد شد.

۲- مروری بر تحقیقات گذشته : ۱-۲ پکتین :

لغت پکتین (Pectin) از یک لغت یونانی گرفته شده است، یعنی (ΠΨΧΓΟΖ) که به معنای منجمد شدن و سفت شدن است. در سالهای اخیر استفاده از پکتین به عنوان یک عامل ژله کننده، تغلیظ کننده و نگهدارنده در مواد غذایی و مرباجات توسعه زیادی یافته است (۳و۴).
خواص پکتین استاندارد در جدول زیر نشان داده شده است (۹):

ویژگیها	حدود قابل قبول
خاکستر کل	٪۱۰
خاکستر نامحلول در اسید	٪۱
درجه استریفیکاسیون (پکتین با حد بالای استر) (حداقل)	٪۵۰
درجه استریفیکاسیون (پکتین با حد پایین استر) (حداکثر)	٪۵۰
درجه جانشینی آمید (پکتین با حد پایین استر) (حداکثر)	٪۴۰
میزان کل گالاکتورونیدهای بی آب در پکتین (حداقل)	٪۷۰
کاهش وزن بر اثر خشک شدن (حداکثر)	٪۱۲
سدیم متیل سولفات (حداکثر)	٪۰٫۸
ارسنیک (حداکثر)	PPM۳
سرب (حداکثر)	PPM۱۰
فلزات سنگین بر حسب سرب (حداکثر)	PPM۴۰

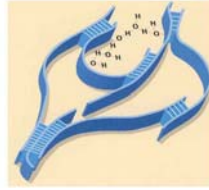
پکتین بدون بو و دارای طعم مخصوص صمغ مانند است. پکتین در آب حل می شود و تشکیل کلونید شفاف را می دهد. پکتین عملاً در الکل نامحلول است (۹).

خامه های کم کالری و... اهمیت این محصول بیشتر آشکار می شود.
بطور کلی در صنعت پکتین را از ضایعات سیب، پوست مرکبات (پرتقال، گریپ فرروت، لیمو شیرین و لیموترش)، ضایعات دانه آفتاب گردان، چغندر قند، گلابی، هلو، موز، توت فرنگی، انگور سفید و قرمز، هویج، سیب زمینی، کدوتنبل، پوست سویا و پوست ماندارین استخراج می کنند (۳و۵و۶و۱۰).
تقریباً تمام این مواد مصارف خانگی داشته و مقدار زیادی از ضایعات آنها دست نخورده دور ریخته و از بین می روند. در این بین تنها ماده ای که فقط مصرف صنعتی دارد، چغندر قند است که ضایعات آن هیچ گونه دور ریز ندارد و در حال حاضر از آن جهت تامین خوراک دامها استفاده می شود.

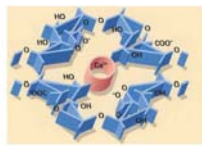
طبق آخرین آمارنامه وزارت کشاورزی در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸، چغندر قند در ۲۱ استان کشور کشت شده و در ۳۵ کارخانه قند و شکر، مورد استفاده قرار گرفته است. سطح زیر کشت چغندر حدود ۱۶۳ هزار هکتار و میزان تولید چغندر قند کل کشور حدود ۴/۳ میلیون تن برآورد شده است (۷و۱).
با توجه به اینکه به ازای هر ۱۰۰ کیلو گرم چغندر قند ۲۵ کیلو گرم تفاله آن بدست می آید و ۵ کیلو گرم این تفاله را مواد مارک تشکیل داده و اینکه ۴۸٪ مارک را مواد پکتیک تشکیل می دهند، سالیانه حدود ۱۰۳/۲ هزار تن مواد پکتیکی در تفاله چغندر قند وجود دارد (۸).

در این تحقیق از سدیم هگزا متا فسفات، EDTA و اسید کلریدریک برای استخراج پکتین، جهت تعیین بهترین ماده استخراج کننده استفاده خواهد شد. استخراج پکتین توسط این مواد در شرایط مختلفی از نظر درجه حرارت (C ۷۵و۸۵و۹۵) و pH استخراج (۲و۳و۴) و زمان استخراج (min ۳۰و۶۰) و غلظت های متفاوت مواد استخراج کننده،

پکتینهای LM فقط با قند و اسیدها، تشکیل ژل نمی دهد، بلکه در حضور مواد جامد قابل حل کمتر و یونهای کلسیم نیز، می تواند تشکیل ژل دهد.



مکانیسم ژله ای شدن پکتین های HM (مولکول آبدوست و باندهای هیدروژنی)



مکانیسم ژله ای شدن پکتین های LM (کمپلکس یونهای کلسیم)

پکتین های آمیدی LM و LH :

پکتین های آمیدی پکتین هایی هستند که به جای اسیدها با آمونیاک (Ammonia) د استریفه (Deesterified) شده اند. در طی عملیات د استریفیکاسیون، قسمتی از گروههای استر بوسیله گروههای آمیدی جایگزین شده اند که تغییراتی در خواص ژلی شدن این پکتین با پکتین های د استریفی شده با اسید، می دهد (شکل شماره ۵-۱)(۳۰).



پکتین آمیدی LM

(۲۵٪ درجه استریفیکاسیون، ۲۵٪ درجه آمیدی)

۲-۳ درجه ژلی شدن :

پکتین های تجاری براساس واحد اختیاری به نام درجه ژل شدن استاندارد می شوند. این واحد بصورت قسمتی از قند

پکتین یک پلیمر با واحدهای گالاکتورونیک اسید (حداقل ۶۵٪) می باشد که گروههای اسیدی در آن امکان دارد به صورت آزاد و یا ترکیبی با متیل استرها و یا سدیم، پتاسیم، کلسیم یا نمکهای آمونیم وجود داشته باشند و در بعضی از پکتین ها گروههای آمیدی نیز وجود دارند (۳۱).

ساختمان پکتین یک ساختمان خطی است که از چند صد تا یک هزار واحد ساختمانی در هر مولکول وجود دارد. وزن مولکولی متوسط آن از حدود چهل هزار تا حدود سیصد و شصت هزار می باشد (۱۰).

۲-۲ درجه متیلاسیون :

برروی قسمتهایی از پلی گالاکتورونیک اسید عمل استریفیکاسیون توسط گروههای متوکسیل صورت می گیرد. گروههای اسید آزاد ممکن است بطور کامل یا جزئی توسط یونهای سدیم، پتاسیم و یا آمونیوم خنثی شوند. نسبت گروههای گالاکتورونیک اسید متوکسیله شده به کل گروههای گالاکتورونیک اسید موجود در ساختمان پکتین، درجه متوکسیلاسیون (استریفیکاسیون)، با علامت اختصاری DM (DE) نامیده می شود (۱۰).

پکتین های HM :

یا پکتین های با درجه استریفیکاسیون بالا، که معمولاً دارای بیش از ۵۰٪ واحدهای گالاکتورونیک اسید استری شده، می باشند و عملاً هیچ واکنشی با یونهای کلسیم ندارند قدرت ژلی در این نوع پکتینها به مقدار اسید، غلظت و حلالیت مواد جامد که معمولاً باید بیش از ۵۵٪ باشد، بستگی دارد.

پکتین های LM :

یا پکتین های با درجه استریفیکاسیون پایین، با کمتر از ۵۰٪ واحدهای گالاکتورونیک اسید استری شده، که می توانند با یونهای کلسیم تشکیل ژل بدهند.

که به صورت پکتین جامدات یا بصورت قابلیت تشکیل ژل در تحت شرایط مقرر تعریف می شود. بنابراین اگر یک پوند پکتین بتواند صد پوند ساکارز را در تحت شرایط معین، به ژل استاندارد تبدیل کند درجه آن پکتین، صد می باشد (۱۰).

۲-۴ موارد کاربرد پکتین :

پکتین در مواد غذایی و دیگر صنایع به عنوان یک ژلاتینه کننده فوق العاده، پایدار کننده، غلیظ کننده، امولسیفایر و یک ژل خوراکی پکتینی، بالغ بر ۵۰۰ سال است که شناخته شده اند. البته پکتین علاوه بر مصارف غذایی در صنایع دارویی نیز کاربرد فراوان دارد.

موارد کاربرد پکتین به اختصار عبارتند از :

در ژله ها، مرباها، ژل های قنادی، ژل های نانوائی، محصولات منجمد، آشامیدنیها، استفاده های دارویی (معالجه اسهال در کودکان، جلوگیری از خونریزی های داخلی، جایگزین پلاسمای خون، جلوگیری از گسترش سرطان بخصوص سرطان پروستات، پایین آوردن کلسترول خون، درمان بیماریهای معده و غیره)، کاهش وزن، چسباندن و آهار زدن کاغذها و بافتها، تهیه غشا جهت اولترا سانتریفوگاسیون و الکترودیالیز، صابونها و مخمرها، لوازم آرایشی و ... (۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۱۰).

۲-۵ مواد پکتیکی چغندر قند :

بعد از ساکارز مواد پکتیک بزرگترین اجزاء تشکیل دهنده مواد خشک چغندر قند می باشند (در حدود ۲/۵ درصد) با توجه به اینکه نصف وزن تفاله چغندر را مواد پکتیک تشکیل می دهد و این مواد نسبتبه سلولز پایداری کمتری دارند، مواد پکتیک نقش مهمی در صنعت قند چغندر بازی می کنند. چغندر نارس حتی تا ۲۹ درصد مواد پکتیک دارد.

پکتین چغندر حاوی ۶ درصد بنیان استیل به شکل استر در ساختمان مولکولی آن وجود دارد و همچنین دارای عوامل هیدروکسیل OH است. وزن مولکولی پکتین چغندر در حدود ۷۰۰۰۰ است (۷).

۲-۶ انواع روشهای استخراج پکتین از چغندر قند :

در سال ۱۹۹۰ روشی برای تولید پکتین از تفاله چغندر قند توسط کارپوویچ (Karpovich) و همکارانش در روسیه به ثبت رسید. این روش شامل خیساندن تفاله در آب جهت هیدرولیز و استخراج پکتین می باشد. مراحل بعدی کار به ترتیب شامل فیلتر کردن و جداسازی فاز جامد، خنک سازی و خنثی سازی محلول پکتین، رسوب دادن مواد پکتینی با الکل، جداسازی فاز جامد و مایع، سانتریفوژ کردن برای جداسازی محلول الکل، خشک کردن و نهایتاً بسته بندی می باشد (۲۱).

در سال ۱۹۹۲ کارپوویچ و همکارانش بار دیگر تحقیقاتی در این زمینه انجام دادند و در این تحقیق تفاله خشک چغندر قند را توسط آب برای ۲۰-۱۰ دقیقه در دمای 25°C - ۱۵ شستشو دادند، کار را با هیدرولیز اسیدی در حال حرارت دهی تا دمای $70-78^{\circ}\text{C}$ ادامه می دهند. ۶-۳ بار این کار انجام می دهند. عمل استخراج با آب در دمای $70-65^{\circ}\text{C}$ انجام می شود و درصد تولید پکتین تا ۲/۲۰٪ افزایش می یابد. مایع با hydrolysate مخلوط می شود و محصول با الکل رسوب داده می شود، پرس و خشک می شود (۲۸).

در همین سال بوندادر (Bondar) و گلوبو (Golubev) از روسیه در همین سال بر روی استخراج پکتین از چغندر قند تحقیق کردند. با شرایط دما 65°C ، آب برای چغندر قند تازه ۱:۶ و برای چغندر قند خشک ۱:۸-۱:۷، زمان ۴۵ دقیقه و $\text{pH}=1/5$ ، پکتین حاصله دارای مقدار کمی گروههای پلی یورونات و متوکسیل بود (۱۳).

آنها همزمان مواد پکتیکی را با استفاده از تکنولوژی غشایی از چغندر قند بدون استفاده از حلالهای آلی یا اسیدهای معدنی جدا کردند. ماده استخراجی بوسیله فیلتر غشایی دوباره تغلیظ می شوند، از میان غشای فیبری دیالیز می شوند و برای

۰/۰۰۵-۰/۰۰۲ محلولهای پکتین بر روی ویسکوزیته آنها بررسی شد. ویسکوزیته محلول پکتین با افزایش دما و کاهش غلظت، کاهش پیدا می کند (۱۲).

۳- روش تحقیق و نتایج :

تفاله چغندر قند مورد آزمایش به صورت رشته ای با طول ۲-۴ cm و قطر ۲-۳ mm، از کارخانه قند قزوین توسط موسسه تحقیقات و اصلاح بذر چغندر قند تهیه شده بود. این تفاله بر اساس آنالیز صورت گرفته در کارخانه دارای ۱٪ قند ساکارز بود که گواه این مطلب توسط آزمایش رفاکتومتری در آزمایشگاه مورد تایید قرار گرفت (۲).

پس از تحویل تفاله، به دلیل اینکه این تفاله حاوی قند بود و در دراز مدت عملیات تخمیر در آن صورت می گیرد و بوی ترش شدن آن نیز به مشام می رسد، آن را توسط آون در 40°C خشک می کنیم تا به ۱-۲٪ رطوبت برسد.

۱-۳ روش استخراج :

نخست چغندر قند را با مقداری آب اسیدی مخلوط کرده و به مدت ۱۵ دقیقه در 70°C حرارت می دهیم. این عمل سبب جداسازی کربوهیدراتهای با وزن مولکولی کم، رنگدانه ها و همچنین توقف فعالیت آنزیمی می شود (۶ و ۱۰ و ۲۶ و ۲۷). سپس تفاله چغندر قند را بوسیله پارچه کرباسی یا کیف بوخنر صاف می کنیم. با بررسی منابع (۱۱ و ۱۶ و ۱۷ و ۲۲ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵)، از سه ماده سدیم هگزامتاسفات، EDTA و اسید کلریدریک به عنوان ماده استخراج کننده استفاده شد. در این مرحله تفاله چغندر قند را هر بار با یکی از مواد فوق (در غلظتهای متفاوت) مخلوط کرده و در یک فاکتوریل شرایط متفاوت زمان (۶۰ min و ۳۰)، دما (75°C و 85°C و 95°C) و pH (۴ و ۳ و ۲) عمل استخراج را انجام می دهیم که تفاوتی موجود در هر روش در طی مراحل مختلف بیان می شود. به علت اینکه EDTA در pH حدود ۲/۶-۲/۵ با اسید کلریدریک واکنش و رسوب می دهد، شرایط متغیر pH فقط در دو $\text{pH}=3$ و ۴ اندازه گیری شده است. در استخراج با

غلظت نهایی یولترا فیلتر می شوند تا مواد پکتیکی در حدود ۴/۵٪ بدهد. مراحل دوم و سوم به سیستم بازگردانده می شود. درجه متوکسیلاسیون ۱۷-۱۵ بود. همچنین مواد تغلیظ شده شامل قندها، رنگدانه ها، مواد معدنی و آمینو اسیدها بود. دمای اپتیمیم 45°C - 40°C می باشد. بازده این روش دو برابر روش معمولی استخراج پکتین می باشد (۱۹).

در سال ۱۹۹۴ بازیافت پکتین از چغندر قند و موارد استفاده آن توسط آقای فاکس (Fox) و همکارش در آلمان بررسی شد. پکتین با یک محلول آبی اسیدی در درجه حرارت بین 50°C و دمای جوش محلول استخراج شود، بدون استفاده از الکل رسوب داده می شود. پکتین بدست آمده پکتین متفاوتی از دیگر انواع بدست آمده با روشهای معمولی می باشد. این پکتین مخصوصاً در محصولات نانوایی و بستنی و قند شیرینی پزی ها کاربرد دارد (۱۸).

در سال ۱۹۹۶ آقای آرسلان (Arslan) از ترکیه انواع روشهای استخراج پکتین از تفاله چغندر قند را مورد بررسی قرار داد. وی پکتین را با استفاده از اسید کلروریدریک، آمونیم اگزالات و محلول EDTA استخراج نمود که بازده هر کدام به ترتیب ۱۷/۷۱٪، ۲۱/۷۵٪ و ۱۸/۸۹٪ بود. ویسکوزیته حقیقی و وزن مولکولی این پکتین ها به ترتیب ۱۱۰، ۱۵۸ و ۲۰۸ gr/mLit و ۴۱۳۰۰، ۳۰۴۰۰ و ۱۵۱۰۰ بود. درجه متوکسیلاسیون بیشتر از ۵۰٪ و استیلاسیون در تمام نمونه ها بالا بود. داده های بالا در معادله Mrk-Houwink-Sokurada صدق می کند (۱۱).

آنها در سال ۱۹۹۸ خواص پکتین استخراج شده از تفاله چغندر قند را مورد بررسی قرار دادند. پکتین استخراجی از تفاله چغندر قند را می توان بوسیله فیلتر خلأ در یک فشار فیلتر ثابت، صاف نمود. در طی فیلتراسیون، پکتین در دمای 25°C مورد بررسی قرار گرفت. اثر دما 20°C - 70°C و غلظت Kg/Lit

محلول اسید کلریدریک، چون غلظت اسید با pH رابطه مستقیم دارد، فقط فاکتور غلظت در نظر گرفته شده و فاکتور pH حذف شده است. مطابق مقالات موجود غلظت محلول اسید کلریدریک ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۲ مولار در نظر گرفته شد (۱۵ و ۱۸ و ۲۰ و ۲۹). در این مرحله تفاله پخته شده و داغ، آماده برای جداسازی می باشد. مواد استخراج شده (Extract) تازه و داغ پکتین تا دمای ۴۰-۵۰ °C سرد می شود (۳ و ۱۰ و ۱۲ و ۲۱). عمل رسوب گذاری توسط اتانول اسیدی (که بوسیله اسید کلریدریک ۱۰٪ وزنی اسیدی شده است) صورت گرفت که به نسبت ۱ به ۴ با محلول پکتینی مخلوط گردید، سپس مخلوط به آهستگی برای مدت ۱۵ دقیقه به هم زده شد و سپس یک ساعت در یخچال نگهداری می گردد (۶ و ۱۵ و ۲۱). در این مرحله پکتین رسوب کرده را از میان یک ورق صافی عبور داده و توسط دست فشار می دهیم تا غلظت محلول پکتین افزایش یابد. پکتین حاصله جهت تخلیص دو بار با اتانول ۶۰٪ و به دنبال آن توسط اتانول ۹۶٪ چندین مرتبه آبکشی گردید. جهت کاهش مقدار خاکستر پکتین، می توان پکتین را با اسید کلریدریک در pH=۱ و سپس با اتانول ۶۰٪ نیز شستشو داد (۳ و ۴ و ۶ و ۱۰ و ۲۱ و ۲۹). در این مرحله پکتین را به آرامی به درون کاغذ صافی چند لا منتقل کرده و به ملایمت فشار داده تا الکل اضافی آن خارج گردد، سپس در آن خلا در حرارت ۵۵ °C به مدت ۱۶ ساعت در خلا ۲۵۰ mmHg خشک نمودیم. می توان پکتین بدست آمده را توسط آسیاب برقی خرد و ریز کرده و به فرم پودر در آوریم (۴ و ۶ و ۱۴ و ۱۵).

پس از آزمایشات متعدد، شرایط بهینه در استخراج با محلول سدیم هگزا متا فسفات عبارتند از: pH=۴، دمای ۹۵ °C، زمان استخراج ۶۰ دقیقه، غلظت محلول سدیم هگزا متا فسفات: ۰/۷۵ مولار با راندمان استخراج ۱۹/۰۲٪. با محلول EDTA عبارتند از:

pH=۴، دمای ۹۵ °C، زمان استخراج ۶۰ دقیقه، غلظت محلول EDTA: ۱ مولار با راندمان استخراج ۶/۱۵٪. با محلول اسید کلریدریک عبارتند از: دمای ۹۵ °C، زمان استخراج ۶۰ دقیقه، غلظت محلول اسید کلریدریک: ۰/۴ مولار با راندمان استخراج ۱۸٪. نتایج در جداول شماره ۱-۳، ۲-۳ و ۳-۳ نشان داده شده است.

پس از مشخص شدن شرایط بهینه در هر سه نوع روش استخراج، آزمون های کنترل کیفیت طبق استاندارد شماره ۳۶۲۴ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و دیگر روشهای موجود انجام گرفت. جهت مقایسه کیفیت پکتین های بدست آمده با پکتین های رایج در بازار و پکتین های آزمایشگاهی، دو نمونه دیگر پکتین با مشخصات زیر تهیه گردید و آزمونهای کنترل کیفیت بر روی آنها نیز انجام گرفت: ۱- پکتین VISKSER استخراج شده از پوست لیمو (HM) از کارخانه هربیش آلمان.

۲- پکتین تهیه شده از کارخانه FLUKA آلمان

همچنین آزمون هایی جهت تعیین مقدار کیفی قندهای موجود در نمونه های پکتین انجام گرفت. نتایج آزمون های کنترل کیفیت در جدول ۴-۳ آورده شده است.

با توجه به نتایج ملاحظه می شود که پکتین های تجاری و Fluka از نوع HM بوده و پکتین های استخراج شده از چغندر قند همگی از نوع LM می باشند. از نظر کیفیت و درصد خلوص پکتین (مقدار اسید گالاکتورونیک) ابتدا پکتین بدست آمده از محلول اسید کلریدریک و سپس پکتین استخراج شده با محلول EDTA و در آخر پکتین بدست آمده از محلول سدیم هگزا متا فسفات، قرار می گیرند. به طور کلی پکتین استخراج شده با محلول اسید کلریدریک، نسبت به دو نمونه دیگر از کیفیت بهتر و مرغوب تری برخوردار است. همچنین این روش از نقطه نظر اقتصادی نسبت به دو روش دیگر مقرون به صرفه تر می باشد ولی راندمان استخراج این روش از روش استخراج با سدیم هگزا متا فسفات کمتری می باشد. هزینه استخراج پکتین با استفاده از محلول های سدیم هگزا متا فسفات و EDTA مشابه هم می باشد. مقایسه نتایج راندمان

استخراج در شرایط متفاوت در نمودارهای شماره ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ نشان داده شده است.

۲-۳ نتیجه گیری :

- ۱- با بالا رفتن دما و زمان استخراج، راندمان استخراج پکتین نیز افزایش می یابد.
- ۲- در دو روش استخراج با استفاده از محلول های سدیم هگزا متا فسفات و EDTA، با افزایش pH، راندمان استخراج افزایش پیدا می کند ولی در روش استخراج با اسید کلریدریک افزایش pH یا غلظت اسید باعث کاهش راندمان استخراج می شود.
- ۳- طبق نتایج آزمونهای کنترل کیفیت بهترین پکتین از لحاظ کیفیت، پکتین استخراج شده توسط اسید کلریدریک می باشد.
- ۴- روش استخراج با اسید کلریدریک از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر از دو روش دیگر می باشد.

۵- با توجه به اختلاف بسیار کم در راندمان استخراج توسط اسید کلریدریک با روش استخراج با سدیم هگزا متا فسفات و دیگر پارامترها، این روش برای استخراج پکتین مناسب تر از دو روش دیگر می باشد. شرایط بهینه برای این روش عبارتند از: دمای $90^{\circ}C$ ، زمان استخراج ۶۰ دقیقه، غلظت محلول اسید کلریدریک: ۰/۴ مولار با راندمان استخراج ۱۸٪.

- ۶- استفاده از محلول EDTA به علت راندمان استخراج بسیار پایین، مقرون به صرفه نمی باشد.
- ۷- نتایج آزمون های کنترل کیفیت نشان می دهند که پکتین چغندر قند از نوع پکتین LM می باشد که برای استفاده در صنایع قنادی، نانویی، لبنیات، شکلات، دسر، بستنی، کنسرو و ... توصیه می شود.
- ۸- با توجه به اینکه می دانیم چغندر قند می تواند تا حدود ۲۹٪ مواد پکتیکی داشته باشد و با در نظر گرفتن درصد استخراج پکتین (۱۸٪) با استفاده از محلول اسید کلریدریک به عنوان روش مناسبتر، راندمان عملیات استخراج حدود ۶۲/۰۷٪ است.

جدول شماره ۱-۳: تغییرات درصد استخراج پکتین نسبت به دما، زمان و pH با استفاده از محلول ۰/۷۵ مولار

سدیم هگزا متا فسفات

۴		۳		۲		pH
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	زمان MIN دما C
۱۶/۱۸	۱۵/۷۵	۱۳/۹۱	۱۲/۷۹	۱۱/۵	۱۰/۶۸	۷۵
۱۵/۸۵	۱۵/۴	۱۴/۰۶	۱۲/۵۸	۱۲/۰۳	۱۰/۱۴	
۱۵/۴۵	۱۴/۸۶	۱۳/۶۳	۱۲/۰۵	۱۱/۸۵	۹/۸۹	
۱۵/۱۲	۱۵/۳۴	۱۳/۱۱	۱۲/۴۷	۱۱/۷۹	۱۰/۲۴	۸۵
۱۷/۴۹	۱۶/۸۴	۱۴/۹۹	۱۳/۰۹	۱۳/۷۲	۱۲/۱۷	
۱۵/۷۴	۱۵/۰۵	۱۳/۸۲	۱۳/۵۶	۱۲/۷۱	۱۱/۱۳	
۱۶/۳۶	۱۵/۷۸	۱۴/۶۵	۱۴/۰۸	۱۳/۰۳	۱۱/۵۸	۹۵
۱۶/۵۳	۱۵/۱۹	۱۴/۴۹	۱۳/۵۷	۱۳/۱۵	۱۱/۶۲	
۱۹/۱۸	۱۷/۰۱	۱۴/۴۵	۱۴/۲۴	۱۳/۳۳	۱۲/۹۸	
۱۸/۳۱	۱۷/۳	۱۴/۹۱	۱۳/۷۶	۱۳/۸۹	۱۳/۱	۹۵
۱۹/۵۸	۱۷/۵۲	۱۵/۳۵	۱۴/۴۷	۱۲/۹	۱۲/۷۷	
۱۹/۰۲	۱۷/۲۷	۱۴/۹	۱۳/۱۲	۱۳/۳۷	۱۲/۹۵	

جدول شماره ۲-۳: تغییرات درصد استخراج پکتین نسبت به دما، زمان و غلظت اسید با استفاده از محلول اسید کلریدریک

۴		۳		pH	
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	زمان MIN	دما C
۲/۵۷	۱/۶	۲/۴۲	۱/۷۸	۷۵	
۲/۶۱	۱/۷۵	۲/۰۷	۱/۳۵		
۳/۰۱	۲/۱	۲/۱۱	۱/۲۵		
۲/۱۳	۱/۸۲	۲/۲	۱/۴۵		
۴/۸	۳/۱۲	۴/۴۶	۲/۷۴	۸۵	
۳/۳۶	۲/۹۵	۳/۸۷	۲/۲۴		
۴/۱۷	۲/۸۶	۳/۵۲	۳/۰۲		
۴/۱۱	۲/۹۸	۳/۹۵	۲/۶۷		
۶/۴۷	۳/۸	۴/۱۸	۳/۸۵	۹۵	
۶/۱	۴/۲۳	۴/۳۴	۳/۵۳		
۵/۸۹	۴/۷۱	۳/۷۸	۳/۱۷		
۶/۱۵	۴/۲۵	۴/۱	۳/۵۲		

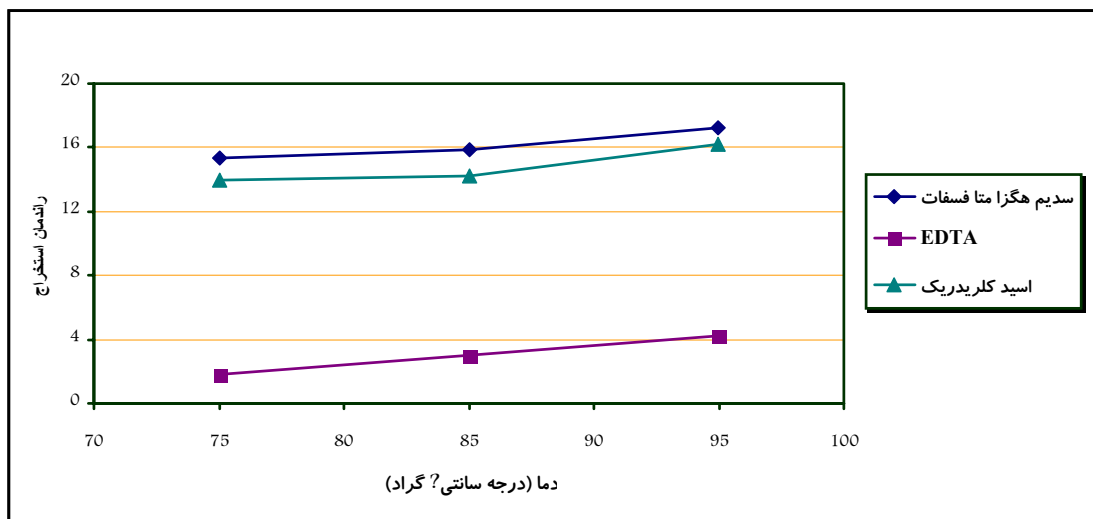
جدول شماره ۳-۳: تغییرات درصد استخراج پکتین نسبت به دما، زمان و pH با استفاده از محلول ۱ مولار

۰/۴		۰/۸		۱/۲		غلظت اسید (مولار)	
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	زمان MIN	دما C
۱۵/۶۶	۱۲/۲۲	۱۱/۶۵	۹/۷۴	۷/۵۱	۸/۹۴	۷۵	
۱۵/۵۴	۱۴/۶۲	۱۳/۲۹	۱۰/۷	۵/۴۹	۸/۴۹		
۱۵/۰۲	۱۲/۸۵	۱۲/۳۶	۱۰/۳۵	۵/۸۷	۷/۶۵		
۱۵/۴۱	۱۳/۹۳	۱۲/۴۳	۱۰/۲۶	۶/۲۹	۸/۳۶		
۱۶/۷۲	۱۳/۸۵	۱۱/۷۵	۱۳/۹۵	۳/۵۶	۳/۸۱	۸۵	
۱۵/۶	۱۴/۵۲	۹/۶۸	۱۱/۷۵	۳/۹	۴/۵۱		
۱۵/۹۹	۱۴/۶۷	۱۰/۰۵	۱۱/۲۵	۳/۱۵	۴/۲۸		
۱۶/۱۱	۱۴/۲۶	۱۰/۴۹	۱۲/۳۲	۳/۵۴	۴/۲		
۱۷/۷	۱۶/۴۸	۹/۳۱	۱۳/۶۲	۲/۵۳	۳/۱۷	۹۵	
۱۸/۰۸	۱۶/۲۴	۸/۷۸	۱۳/۴۵	۲/۷۸	۲/۸		
۱۸/۲۱	۱۶/۰۴	۸/۵۸	۱۳/۱۲	۳/۰۵	۳/۳۵		
۱۸	۱۶/۲۵	۸/۸۹	۱۳/۴۶	۲/۷۹	۳/۱۱		

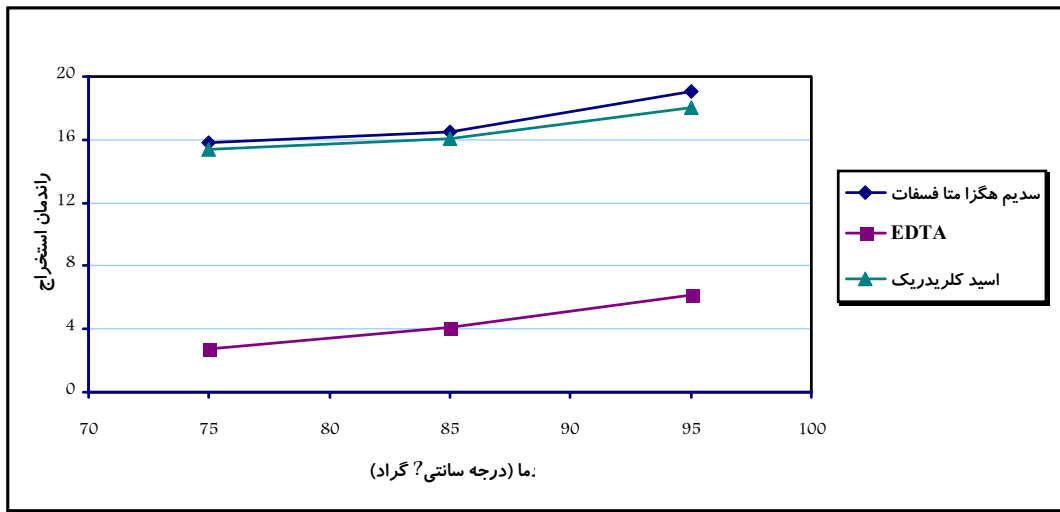
EDTA

جدول شماره ۴-۳: نتایج آزمون های کنترل کیفیت

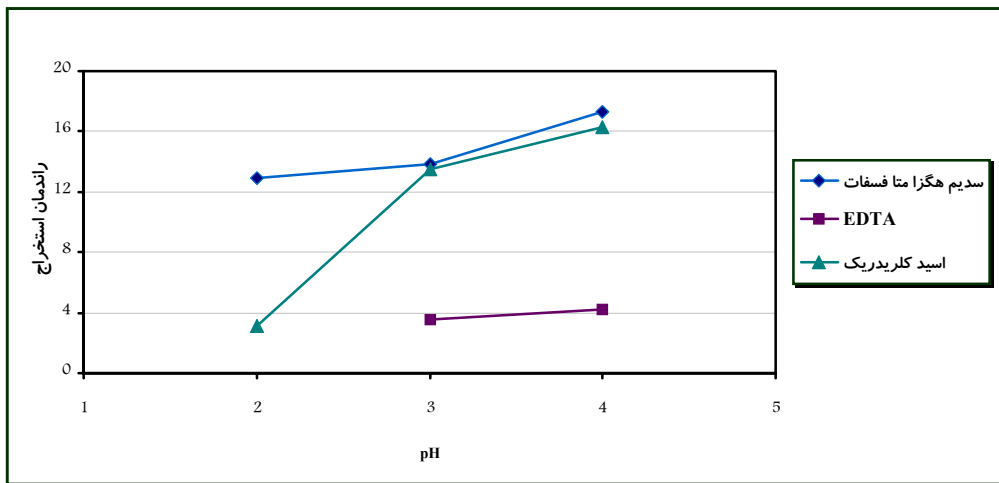
درجه زلی شدن	قند ها و اسیدهای آلیی mg	گالاکتورونید کل %	درجه جانشینی آمید %	درجه استریفیکاسیون %	خاکستر غیر محلول در اسید %	خاکستر کل %	رطوبت %	نوع پکتین
عالی	۱۶۰	۸۸/۲۲	۷/۴۲	۶۸/۸	۰/۰۴۸	۰/۸	۹	پکتین تجارتي
خوب	۱۵۰	۸۷/۴۶	۰	۶۰/۷۵	۰/۸۶۸	۳/۳	۶	پکتین FLUKA
متوسط	۱۴۰	۷۴/۹۵	۰/۷۶	۴۹/۶۶	۰/۹۹	۵/۴۲	۳	پکتین استخراج شده توسط محلول سدیم هگزا متا فسفات
خوب	۵۰	۸۲/۶۴	۸/۴۳	۴۷/۴۲	۰/۸۶	۱/۹	۱۲	پکتین استخراج شده توسط محلول اسید کلریدریک
ضعیف	۳۰	۷۸/۵۷	۲۸/۵۷	۴۱/۶۷	۰/۹۶	۲/۷	۱۱	پکتین استخراج شده توسط محلول EDTA



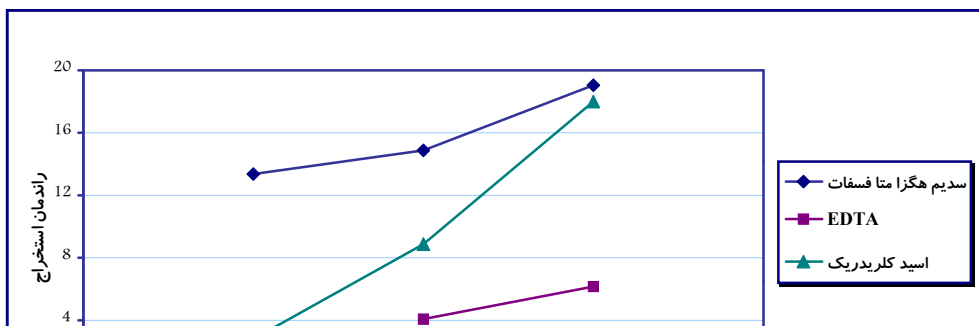
نمودار شماره ۱-۳: منحنی تغییرات راندمان استخراج پکتین در دماهای متفاوت در pH=۴ و زمان ۳۰ دقیقه



نمودار شماره ۲-۳: منحنی تغییرات راندمان استخراج پکتین در دماهای متفاوت در $\text{pH}=4$ و زمان ۶۰ دقیقه



نمودار شماره ۳-۳: منحنی تغییرات راندمان استخراج پکتین در pH های متفاوت در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰



**نمودار شماره ۴-۳: منحنی تغییرات راندمان
استخراج پکتین در pH های متفاوت در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد و زمان ۶۰ دقیقه**

- ۴- منابع و مراجع :**
- ۱- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی .
(اردیبهشت ۱۳۸۰). آمارنامه سطح زیر کشت و تولید
چغندر قند در ایران در سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹.؛ نشر
معاونت برنامه ریزی و پشتیبانی وزارت کشاورزی
 - ۲- پروانه، ویدا . (مرداد ۱۳۷۱). کنترل کیفی و
آزمایشهای شیمیایی مواد غذایی . انتشارات دانشگاه
تهران
 - ۳- حاجی اسماعیلی، فریدا . (۸۰-۱۳۷۹). تهیه
پکتین از سیب . سمینار کارشناسی ارشد . استاد راهنما:
دکتر سیف کردی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم
و تحقیقات، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی
شیمی
 - ۴- حسینی نژاد رامهرمزی، لیدا. برزین پور، فریناز .
(۷۶-۱۳۷۵). تهیه پکتین از ضایعات سیب
کارخانجات ؛ پایان نامه کارشناسی . استاد راهنما:
دکتر داریوش باستانی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد
علوم و تحقیقات، دانشکده علوم مهندسی صنایع
غذایی
 - ۵- حکیمیان، زهرا . (۱۳۵۰). بررسی نقش صمغها و
پکتینها در صنایع غذایی . پایان نامه کارشناسی . استاد
راهنما: دکتر منصور احمدی . انیستیتو تغذیه
 - ۶- رهبر، علیرضا . استخراج و تعیین پکتین در
باقیمانده انواع لیمو ترش ایران . پایان نامه کارشناسی
ارشد . استاد راهنما: دکتر هوشنگ نیکوپور. انیستیتو
تغذیه
 - ۷- سیلین، پی. ام. تکنولوژی تولید شکر از چغندر
قند و تصفیه شکر. ترجمه: پور سید، سجادی
 - ۸- کوک، دی، ا. (۱۳۷۷). چغندر قند از علم تا
عمل . مترجمین: اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات
اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (ایرج علیمرادی و ...).
ناشر: نشر علوم کشاورزی
 - ۹- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران .
استاندارد شماره ۳۶۲۴. ویژگیها و روشهای آزمون
پکتین مورد مصرف در صنایع غذایی
 - ۱۰- وثوقی، منوچهر . (۱۳۷۵). تولید و خالص
سازی پکتین با استفاده از ضایعات سیب . طرح
پژوهشی . وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات،

23. Pagan, J.; Ibarz, A.; Llorca, M.; Pagan, A.; Barbosa, Canovas, G.V. (2001). Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. *Food Research International*. 34 (7) 605-612, 32 ref.

24. Pinera, R.M.; Vicente, I.; Nunez, M.; Figueroa, C. (1996). Evaluation of two methods for extraction of pectin from the processing wastes of Persa limes. *Alimentaria*. No. 277, 33-35, 11 ref

25. Poonia, S.; Yamdagini, R.; Dhawan, S.S. (1994). Studies of the utilization of citrus waste for pectin extraction. *Haryana Journal of Horticultural Science*. 23 (1) 28-32, 8 ref.

26. Shi, X.Q.; Chang, K.C.; Schwarz, J.G.; Wiesenborn, D.P.; Shih, M.C. (1996). Optimizing water washing process for sunflower heads before pectin extraction. *Journal of Food Science* 61 (3) 608-612, 18 ref.

27. Shi, X.Q.; Chang, K.C.; Schwarz, J.G.; Wiesenborn, D.P.; Shih, M.C. (1997). Optimizing pectin extraction from sunflower heads by alkaline washing. *Bioresource Technology*. 58 (3) 291-297, 19 ref.

28. Suprunchuk, V.K.; Karpovich, N.S.; Romenskii, N.P.; Kioresku, E.N.; Zharik, B.N.; Slobodyan, O.P.; Telichuk, L.K. (1991). Manufacture of food grade pectin from dried sugar beet pulp. *Union of Soviet Socialist Republics. USSR-Patent. SU 1 650 064 A1 Society of Food Science and Nutrition*. 30 (4) 569-573, 29 ref

29. Su, Mi, Park; Hyun, Hee, Lee; Hae, Choon, Chang; In, Cheol, Kim. (2001). Extraction and physicochemical properties of the pectin in citron peel. *Journal of the Korean*

30. www.herbstreith-fox.de

31. IPPA. International Pectin producers Association.htm

آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، بخش صنایع غذایی

11. Arslan, N. (1995). Extraction of pectin from sugar beet pulp and intrinsic viscosity-molecular weight relationship of pectin solutions. *Journal of Food Science and Technology, India*. 32 (5) 381-385, 26 ref.

12. Arslan, N.; Kar, F. (1998). Filtration of sugar-beet pulp pectin extract and flow properties of pectin solutions. *Journal of Food Engineering*. 36 (1) 113-122, 19 ref.

13. Bondar', S.N.; Golubev, V.N. (1992). Extraction of sugar beet pectin; *Pishchevaya-Promyshlennost'*, USSR No. 12, 18-19, 5 ref.

14. Chen, G.R.; Zhang, Q.Z.; Zheng, H.H. (1997). Extraction of pectin from carrot scrap by salt precipitation. *Food Science, China*. 18 (7) 38-40, 3 ref.

15. Chen, G.R.; Zhang, Q.Z.; Zheng, H.H. (1997). Techniques for extracting pectin from potato scraps using salt precipitation. *Food Science, China*. 20 (7) 36-38, 6 ref.

16. Chang, K.C.; Dhurandhar, N.; You, X.; Miyamoto, A. (1994). Sunflower head residue pectin extraction as affected by physical conditions. *Journal of Food Science*. 59 (6) 1207-1210, 21 ref.

17. Chen, Q.H.; Li, X.Y. (1994).; Extraction of pectin from apple peel by a salting out method. *Food Science, China*. No. 4, 22-25

18. Fox, G.F.; Endress, H.U. (1994). Process for recovery of pectin extract from sugar beet and its use. *German-Federal-Republic-Patent*

19. Golubev, V.N.; Bondar, S.N. (1992). Filtering of beet pectin extracts; *Pishchevaya Promyshlennost'*, USSR. No. 1, 27-28, 2 ref.

20. Kalapathy, U.; Proctor, A. (2001). Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry*. 73 (4) 393-396, 14 ref.

21. Karpovich, N.S.; Suprunchuk, V.K.; Kioresku, E.N.; Donchenko, L.V.; Nelina, V.V.; Yarovaya, E.V.; Telichuk, L.K.; Slobodyan, O.P.; Krapivnitskaya, I.A.; Kizler, E.E.; Kirik, V.S. (1990). Production of pectin from sugar beet pulp. *USSR-Patent. SU 1 507 293*

22. Pagan, J.; Ibarz, A. (1999). Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering*. 39 (2) 193-201, 40 ref.